

LOS ORTOGNEISES PERALCALINOS DEL BORDE MERIDIONAL DE LA UNIDAD MALPICA-TUY: CARACTERES GEOLOGICOS, MINERALOGICOS, GEOQUIMICOS Y MINERALIZACIONES DE Y-NB-ZR-TR ASOCIADAS

A. Martín-Izard *, V. Fontenla *, M. L. Valín *, A. Arribas **, D. Moreiras *,
C. Marcos-Pascual * y R. Reguilón ***

RESUMEN

Se resumen en este trabajo las principales características tectónicas, mineralógicas, petrológicas y geoquímicas de tres complejos peralcalinos situados en el extremo meridional de la Unidad Malpica-Tuy, en Galicia (NO de España). Los complejos de Porriño y La Guía están encajados en rocas metasedimentarias, principalmente grauwacas, del Macizo Ibérico, mientras que el complejo de Porriño se encuentra en un granito biotítico pre-Varisco. Se incluyen aquí nuevos datos referentes a la composición química y a los límites de las diferentes facies que constituyen el complejo de Porriño. Estos datos permiten definir hasta ocho facies petrológicas y reinterpretar el origen de estos cuerpos peralcalinos. El contenido y distribución de los elementos mayores, en trazas y de las TR es el resultado, en los tres complejos, de un proceso de diferenciación magmática que dio lugar al progresivo enriquecimiento en SiO_2 , y al correspondiente empobrecimiento en Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , TiO_2 y P_2O_5 , de las sucesivas facies. En el complejo de Porriño, esta tendencia geoquímica hacia rocas más evolucionadas está de acuerdo con las observaciones realizadas sobre el terreno, las cuales muestran una evolución en el tiempo desde la facies inicial con biotita y hornblenda a las más tardías con riebeckita, egrina-riebeckita, y biotita. Igualmente, el mayor contenido en TR corresponde al ortogneis biotítico tardío, en el que se encuentra un yacimiento, mineralógicamente muy complejo, de Y-Nb-Zr-TR. Desde el punto de vista genético, los datos de campo y los análisis geoquímicos indican que los ortogneises que forman estos complejos peralcalinos se proyectan en el campo de los granitos intraplaca (WPG) y derivan de granitos de tipo A originados por fusión de una corteza continental anhidra. Más tarde, estas rocas ígneas fueron plegadas y cabalgadas sobre un basamento de edad Precámbrico-Cámbrico Inferior durante la orogénia varisca.

Palabras clave: Complejo Peralcalino, Ortoneises, Mineralizaciones, Y, Nb, Zr, REE, Galicia, España.

ABSTRACT

This paper summarizes the main tectonic, mineralogical, petrological and geochemical features of the three peralkaline complexes located in the southern end of the Malpica-Tuy Unit, in Galicia (NW Spain). The Porriño and La Guía complexes occur in metasedimentary rocks, mainly graywackes, of the Iberian Massif, while the Piñeiro complex is hosted by a pre-Variscan biotite granite. New data concerning the chemical composition and boundaries of the various facies which form the Porriño complex are given here. This data allow to define up to eight petrological facies and reinterpret the origin of these peralkaline bodies. The content and distribution of the major, trace and RE elements in the three complexes are the result of a magmatic differentiation process which gave place to a progressive enrichment in SiO_2 and a corresponding continuous decrease in Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , TiO_2 and P_2O_5 . In the Porriño complex, this geochemical trend towards more evolved rocks is consistent with field observations which show an evolution in time from the earlier biotite-hornblende to the late riebeck-

* Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. Jesús Arias de Velasco. 30005 Oviedo.

** Escuela TSI de Minas. Ríos Rosas, 21. 28003 Madrid.

*** Departamento de Geología. Universidad de Salamanca. Plaza de la Merced. 37003 Salamanca.

kite, aegyrine-riebeckite, and biotite facies. Likewise, the REE content is highest in the latest radioactive biotite orthogneiss in which some mineralogically complex Y-Nb-Zr-REE ores have been found. From the genetic point of view, the geochemical and field data show that the orthogneisses forming these peralkaline complexes fall in the field of intraplate granitoides (WPG) and correspond to A-type granites originated by melting of an anhydrous continental crust. Later on, the igneous rocks were folded and overthrust on the Precambrian-Lower Cambrian basement during the Variscan orogeny.

Key words: *Complexe, Peralkaline, Orthogneisses, Mineralizations Y, Nb, Zr, REE, Galicia, Spain.*

Introducción

La Unidad Malpica-Tuy forma parte de la Zona Centro-Ibérica (Julivert *et al.*, 1972) y dentro de ella, de la Zona de Galicia Tras Os Montes (Matte, 1968; Farias *et al.*, 1987). Constituye una estrecha franja, de orientación aproximada N-S, que cabalga sobre un basamento de naturaleza metasedimentaria y granítica. Litológicamente esta Unidad está constituida por rocas para y ortoderivadas que han sido estudiadas, bajo diferentes aspectos, por Floor (1966), Ortega e Ibarguchi (1983), y Pin *et al.* (1992), y entre las que cabe destacar, por su potencial interés económico, los ortogneises peralcalinos.

Los ortogneises peralcalinos del borde meridional de la Unidad Malpica-Tuy afloran al sur de la provincia de Pontevedra, entre la ría de Vigo y el río Miño, y concretamente en tres sectores (fig. 1): Sector de la Guía, situado en su totalidad dentro del Concejo de Vigo; Sector de Piñeiro, situado en el Concejo de Redondela; y Sector de Porriño que se sitúa dentro de los Concejos de Porriño, Mos, Gondomar y Vigo. Los tres sectores están comprendidos en las hojas números 261 y 223 del Mapa Topográfico Nacional a escala 1:50.000.

El objetivo de este trabajo ha sido diferenciar y caracterizar las distintas facies que presentan los ortogneises peralcalinos del borde meridional de la Unidad, así como los yacimientos asociados. Para ello, y basándose en los trabajos de Floor (1966), se ha realizado una cartografía de detalle (fig. 1), en la que se han resaltado las diferentes facies aflorantes así como sus características tectónicas. También se han realizado desmuestres de superficie, de los antiguos sondeos de la JEN (Junta de Energía Nuclear), y de los recientemente efectuados por RTM (Río Tinto Minera, S. A.).

Marco geológico regional

Los ortogneises estudiados se sitúan en el extremo S del Complejo de Malpica-Tuy o Fosa Blastomilonítica, la cual constituye una unidad alóctona

(Farias *et al.*, 1987), de origen incierto, que cabalga sobre un basamento formado por materiales de naturaleza metasedimentaria y granítica. Una vez emplazada en su posición actual ha sufrido, junto con los materiales de la unidad autóctona, los efectos de la Orogenia Varisca, adquiriendo la estructura sinformal con vergencia hacia el oeste que presenta actualmente. Posteriormente, la intrusión de granitoides variscos, afectando tanto al autóctono como al alóctono, provocan el enmascaramiento de los límites del Complejo y sus relaciones espaciales con el autóctono.

Los caracteres estructurales generales del Complejo han sido establecidos por Ortega (1980) para su extremo norte, en los alrededores de Malpica. Según este autor, se pueden apreciar tres fases principales de deformación, que se ajustan a las directrices estructurales de las Fases de deformación Variscas. Las características esenciales se resumen a continuación.

a) Fase 1. Da lugar a pliegues isoclinales, replastados, con charnelas engrosadas, cuyos ejes tienen dirección NNE-SSO, inclinándose ligeramente hacia el sur. Estos pliegues llevan asociada una esquistosidad (S1) cuya naturaleza es difícil de determinar, y han sufrido un importante estiramiento que da lugar a una lineación paralela al eje de los mismos. La presencia de estructuras pertenecientes a esta fase es escasa dado que se encuentran enmascaradas por las siguientes.

b) Fase 2. Presenta pliegues asimétricos con ángulos entre flancos que oscilan entre 20 y 60° y morfología variable. Los planos axiales se presentan, por lo general, subhorizontales, con una ligera vergencia hacia el E y ejes homoxiales con los de fase 1. Una característica singular de los pliegues de esta fase es su falta de cilindridad. En este caso la esquistosidad asociada a estos pliegues es una crenulación que puede llegar a dar lugar a una segunda esquistosidad por reaplastamiento de la S1. De forma tardía con respecto de la Fase 2, aparecen bandas de cizalla como máximo de escala métrica.

c) Fase 3. Da lugar a pliegues homoxiales con los de las fases anteriores, pero con mayores ángu-

los entre flancos y planos axiales subverticales. Cuando la litología es adecuada, estos pliegues llevan asociada una crenulación que se localiza en las zonas de charnela.

Caracteres estructurales

En su extremo sur, las características estructurales mencionadas anteriormente varían ligeramente.

Desde un punto de vista tectónico, todas las facies ortogneísicas presentan, como estructura dominante, una foliación más o menos penetrativa y definida por la alternancia de niveles cuarzo-feldespáticos y félicos. La orientación de esta foliación, suavemente tendida hacia el SO o NE según la posición que ocupe dentro de las estructuras de Fase 3, se ajusta claramente a las directrices estructurales de la 1.^a o 2.^a Fase Varisca, por lo que su origen es todavía incierto, pudiendo deberse a cualquiera de las dos primeras fases y sufriendo, en todo caso, un reaplastamiento durante la segunda.

La foliación en la península de La Guía presenta una dirección predominante N-S y buza hacia el E con un ángulo variable; a lo largo de la banda que une esta península con el macizo del Galiñeiro, el buzamiento continúa siendo hacia el E, pero de bajo ángulo, mientras que las direcciones predominantes son N-S y NO-SE.

En el macizo del Galiñeiro se observa cómo la foliación presenta una variación en su dirección y

buzamiento de forma que define una estructura sinformal de dirección N-S con cierre periclinial en su parte meridional (lám. 1-A).

Por lo que se refiere al Sector de Piñeiro, las observaciones realizadas en los escasos afloramientos existentes parecen confirmar un comportamiento similar al de la península de La Guía.

A nivel microscópico, la fábrica dominante en todas las facies de los ortogneises peralcalinos estudiadas es protomilonítica, y se caracteriza por presentar una tendencia a la formación de subgranos que se manifiesta por la presencia de cristales poligonales con extinción ondulante, agregados laminares, granos relictos con sombras de presión, y agregados de grano fino alrededor de grandes cristales relictos.

Localmente, en el centro del macizo, se han observado fábricas sin deformación aparente que conservan casi intacta la textura de los granitos originales. En los bordes hay otras fábricas asociadas a procesos de cizalla que se manifiestan como estructuras asimétricas. Entre ellas predominan los cristales de feldespato o plagioclasa rotados con sombras de presión, alineaciones de inclusiones que se disponen oblicuas a la foliación general de la roca y, en menor proporción, pliegues isoclinales con charnelas más o menos apretadas. Con menor frecuencia y en facies muy concretas, como es el caso de las facies bandeada, pueden llegar a ponerse de manifiesto pliegues isoclinales, de escala métrica, de un bandeo magmático (lám. 1-B) que, al igual que la

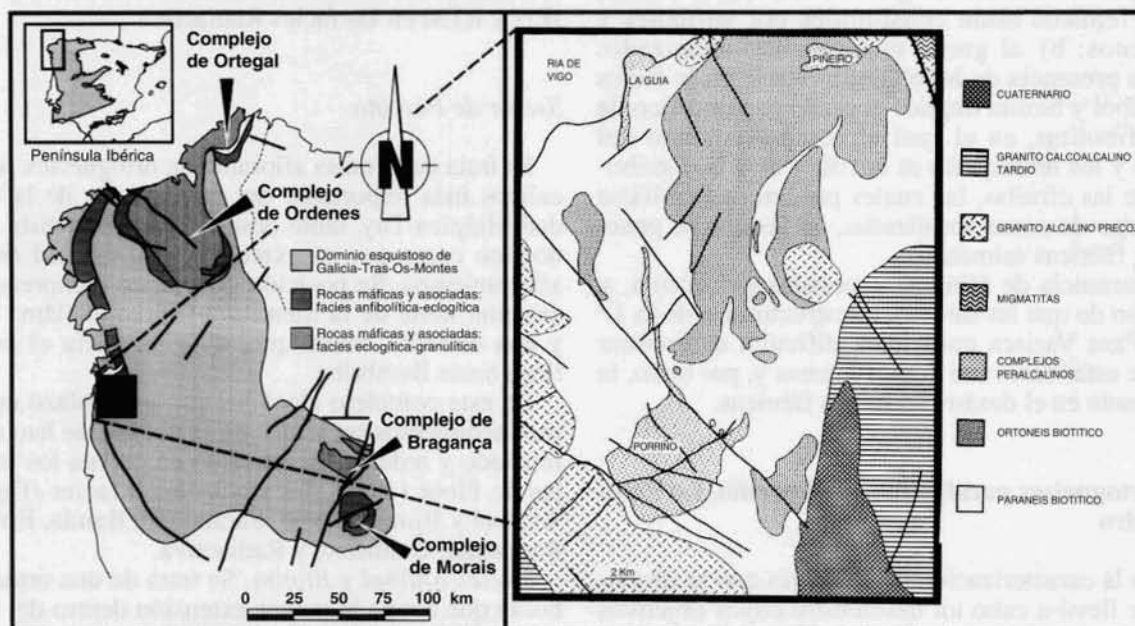


Fig. 1.—Localización y esquema geológico regional del extremo sur de la Unidad Malpica-Tuy. (Modificado de Floor, 1966, Abril Hurtado et al, 1985.)

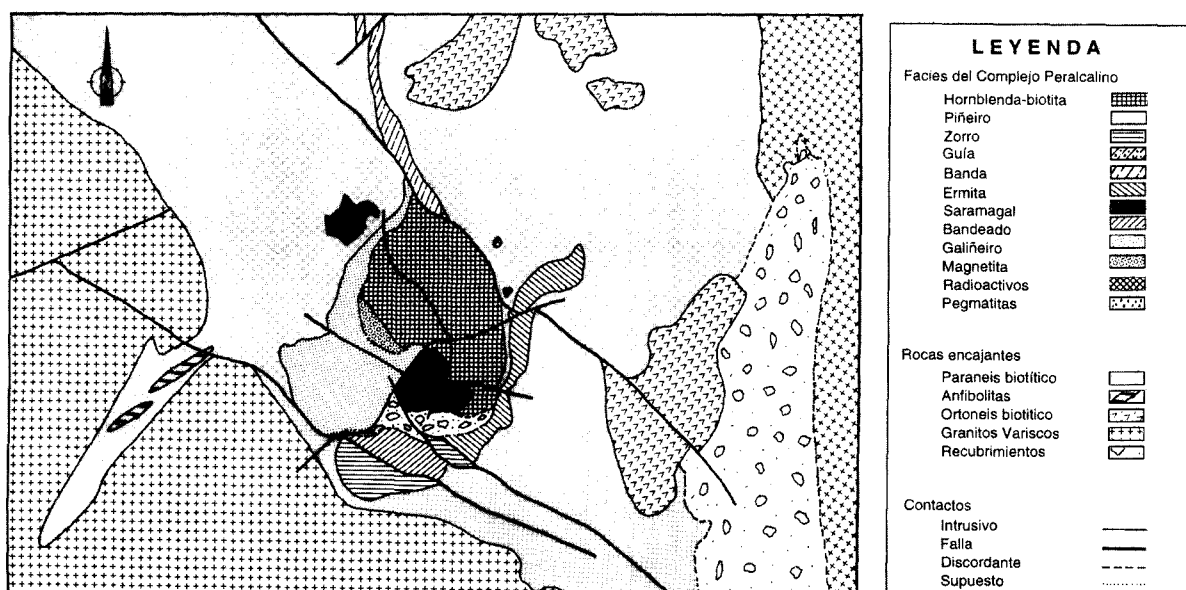


Fig. 2.—Cartografía geológica del área de Galiñeiro.

foliación, se ajustan perfectamente a las directrices estructurales de la 1.^a y 2.^a fase de deformación Varisca.

Al contrario de lo que ocurre en la parte norte de la Fosa (Ortega, 1980), aquí hay una escasez de fábricas originadas por cizalla, lo que puede deberse: a) a la naturaleza de la roca, pues se trata de litologías de tamaño de grano entre fino y medio, cuyos fémcicos están constituidos por anfíboles y piroxenos; b) al grado metamórfico alcanzado, pues la presencia de hornblenda estable en la facies de anfíbol y biotita implica el grado metamórfico de las anfíbolitas, en el cual el comportamiento del cuarzo y los feldespatos es dúctil; y c) a la distribución de las cizallas, las cuales pueden desarrollarse a lo largo de zonas localizadas, en las que se generan las fábricas asimétricas.

La ausencia de fábricas generadas por cizalla, y el hecho de que las directrices estructurales de la 1.^a y 2.^a Fase Varisca coincidan, dificulta determinar cuál de estas fases fue la más intensa y, por tanto, la dominante en el desarrollo de sus fábricas.

Los ortogneises peralcalinos de Porriño, La Guía y Piñeiro

Para la caracterización de las facies que se describen, se llevó a cabo un desmuestre cuyos objetivos fueron, por un lado, la identificación y establecimiento de las distintas facies presentes y, por otro, la caracterización detallada de las mismas.

Para ello el desmuestre se realizó en dos etapas. Durante la primera se tomaron muestras, de forma indiscriminada, en los afloramientos existentes. El número y distribución de las muestras tomadas por facies varió de unas a otras en función de la extensión y calidad de los afloramientos. Durante la segunda fase se muestrearon una serie de afloramientos concretos y los sondeos realizados por la JEN y RTM en las facies Radiactiva.

Sector de Porriño

Se trata de la masa aflorante de ortogneises peralcalinos más importante del extremo sur de la Unidad Malpica-Tuy, tanto desde el punto de vista económico como por su extensión y la calidad de los afloramientos. Su posición geográfica comprende el extremo norte de la Sierra del Galiñeiro (lám. 1-A) y una estrecha banda que, dirigida hacia el norte, llega hasta Bembibre.

En este complejo alcalino, que se emplazó en los metasedimentos presentes en la unidad, se han diferenciado y redefinido, teniendo en cuenta los trabajos de Floor (1966), las siguientes 8 facies (fig. 2): Anfíbol y Biotita, Zorro, Saramagal, Banda, Ermita, Bandeado, Galiñeiro, y Radiactiva.

Facies Anfíbol y Biotita. Se trata de una ortoanfíbolita que ocupa la mayor extensión dentro del Sector. A pesar de ello, sus afloramientos son escasos y de reducidas dimensiones. Dentro del complejo ocupa la parte central del mismo. Se encuentra en

Tabla 1.—Valores medios de los análisis de anfíboles procedentes de diferentes facies del Complejo Peralcalino de Porriño.
N: Número de análisis

Muestra	Ermita 12	Zorro 10	Galiñeiro- magnetita 8	Galiñeiro 11	Hornblenda biotita 16	Banda 12	Guía 14	Piñeiro 9	Radiactivo Grunnerita 6
SiO ₂	50,12	51,93	49,08	49,64	46,10	49,11	49,28	50,96	47,37
TiO ₂	0,71	0,14	0,53	0,37	0,54	0,52	0,44	0,38	0,01
Al ₂ O ₃	1,12	0,23	1,72	1,41	6,98	1,70	1,56	0,92	0,22
FeO.....	36,05	37,74	36,24	36,26	21,61	35,79	35,05	36,09	41,69
MnO.....	0,65	0,16	1,31	1,33	0,54	0,97	1,04	0,29	8,17
MgO.....	0,52	0,34	0,17	0,07	8,12	0,18	0,66	1,47	0,46
CaO.....	0,69	0,12	0,31	0,53	12,42	0,93	0,11	1,49	0,016
Na ₂ O.....	7,09	6,26	6,78	6,47	0,88	6,05	7,44	5,66	0,01
K ₂ O.....	1,45	0,17	1,20	1,01	0,66	1,20	1,49	0,69	0
Total.....	98,39	97,10	97,36	97,09	97,85	96,45	97,10	97,95	98,13
#Si _{IV}	7,81	7,99	7,68	7,76	7,02	7,74	7,75	7,80	6,83
#Al _{IV}	0,19	0,01	4,032	0,24	0,98	0,26	0,25	0,20	0,11
#Fe ³⁺	0	0	0	0	0	0	0	0	1,1
pos.T.....	8	8	8,00	8	8	8	8	8	8
#Al ^{VI}	0,01	0,03	0	0,02	0,27	0,05	0,04	0	0
#Fe ³⁺	1,35	2,01	1,80	1,78	0,15	1,69	1,49	1,81	3,89
#Ti.....	0,08	0,02	0,06	0,04	0,06	0,06	0,05	0,04	0
#Mg.....	0,12	0,08	0,04	0,02	1,84	0,04	0,15	0,33	0,10
#Fe ²⁺	3,34	2,85	2,92	2,96	2,61	3,03	3,12	2,78	0
#Mn.....	0,09	0,02	0,17	0,18	0,07	0,13	0,14	0,04	1,00
M1M2M3.....	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00
#Ca.....	0,11	0,02	0,05	0,09	2	0,16	0,02	0,24	0,025
#Na.....	1,88	1,87	1,95	1,91	0	1,84	1,98	1,68	0
M4.....	2	1,89	2	2	2	2	2	1,93	0,025
#Na.....	0,26	0	0,11	0,05	0,26	0	0,28	0	0
#K.....	0,29	0,03	0,24	0,20	0,13	0,24	0,30	0,13	0
pos.A.....	0,54	0,03	0,35	0,25	0,41	0,24	0,59	0,13	0

contacto con las facies Galiñeiro, Saramagal y con el encajante metasedimentario. Según Floor (1966) esta facies comprendía dos subfacies, una de carácter ortogneísico y otra paragneísico, basando esta diferenciación sobre todo en su aspecto textural. No obstante, en este estudio, tanto las observaciones de campo como las de microscopio y, sobre todo, los análisis químicos, no permiten encontrar variaciones que justifiquen esta separación.

En los afloramientos, esta facies da lugar a pequeños apuntamientos de una roca de tonos oscuros, ocre y grises, que asoman, de forma puntual, entre los suelos. Se trata de rocas de grano fino que, de visu, no muestran una foliación claramente definida.

Al microscopio, la textura dominante es granoblástica, con una marcada tendencia a la formación de subgranos, puesta en evidencia por la presencia de cristales poligonales con extinción ondulante, granos relictos y agregados de grano fino en torno a grandes cristales relictos. No obstante, se pueden llegar a observar texturas bandeadas, nematoblásticas

o lepidoblásticas, en función de que predomine el anfíbol sobre la biotita o viceversa. Localmente, se presenta una textura porfidoblástica, mucho menos marcada, en la que los porfidoblastos son granos relictos de cuarzo y/o albíta.

Mineralógicamente esta facies, está constituida por cuarzo, albíta-oligoclasa, microclina, hornblenda (ferrohornblenda) y biotita rica en Fe (25 % Fe; 8 % Mg) (tablas 1, 2 y 3) como minerales esenciales, y circón, apatito, opacos y titanita como accesorios.

El cuarzo se presenta como granos relictos de hábitos redondeados, que pueden haber sufrido fenómenos de recrecimiento, o como granos secundarios formando parte de la matriz, siendo el hábito en este caso poligonal con frecuentes puntos triples. La extinción es, por lo general, ondulante, lo que pone de relieve la existencia de los fenómenos de blastesis.

Existen dos generaciones de plagioclasas. La primera suele aparecer maclada, forma parte de la

Tabla 2.—Valores medios de los análisis de piroxenos y biotita procedentes de diferentes facies del Complejo Peralcalino de Porriño

Muestra	Guía piroxeno	Banda piroxeno	Galiñ-Mag piroxeno	Ermita piroxeno	Zorro piroxeno	Galiñeiro piroxeno	Muestra	Horn-biot biotita
SiO ₂	52,79	52,404	52,340	52,430	52,390	52,440	SiO ₂	35,85
TiO ₂	0,117	0,092	0,130	0,240	0,140	0,120	TiO ₂	3,01
Al ₂ O ₃	0,366	0,367	0,390	0,360	0,210	0,400	Al ₂ O ₃	14,43
Cr ₂ O ₃	0,003	0,055	0	0,080	0	0	FeO	25,92
FeO	33,546	33,530	33,360	33,140	32,954	32,160	MnO	0,28
MnO	0,065	0,029	0,200	0,020	0,290	0,360	MgO	7,89
MgO	0	0,024	0,200	0,020	0,080	0	CaO	0
CaO	0,376	0,218	0,890	1,530	2,180	1,450	Na ₂ O	0,02
NiO	0,174	0,120	0	0,120	0	0	K ₂ O	9,32
Na ₂ O	12,627	12,557	12,240	12,300	11,290	12,991	Total	96,72
K ₂ O	0	0,021	0,010	0,010	0,010	0,011	#Si _{IV}	5,58
Total	100,06	99,276	99,76	100,25	99,544	99,942	#Al _{IV}	2,42
#Si	2,016	2,016	2,008	2,00	2,002	2,014	#Fe ³⁺	0
#Ti	0,003	0,003	0,004	0,007	0,004	0,003	pos.T	8
#Al	0,016	0,017	0,018	0,016	0,009	0,018	#Al ^{VI}	0,22
#Fe ³⁺	0,880	0,881	0,870	0,878	0,814	0,841	#Ti	0,35
#Cr	0	0,002	0	0,002	0	0	#Fe ³⁺	0
#Fe ²⁺	0,127	0,134	0,136	0,119	0,191	0,160	#Fe ²⁺	3,37
#Mn	0,002	0,001	0,006	0,001	0,007	0,011	#Mg	1,83
#Mg	0	0,001	0,011	0,001	0,005	0	#Mn	0,04
#Ca	0,015	0,009	0,037	0,063	0,130	0,060	pos.O	5,82
#Ni	0,005	0,004	0	0,004	0	0	#Ca	0
#Na	0,934	0,936	0,910	0,909	0,836	0,935	#Na	0,01
#K	0	0,001	0	0	0	0	#K	1,85
							pos.A	1,86

matriz de la roca, es contemporánea con la microclina, y presenta una composición próxima a la oligoclasa. La segunda es de composición albitica (tabla 3), con algunas texturas mirmequíticas, y se suele presentar como cristales relictos, con hábito subidiomorfo y generalmente sin maclar.

La microclina suele adoptar posiciones intergranulares y presentar un hábito alotriomorfo.

La biotita tiene hábito subidiomorfo, y en alguna de las muestras se presenta deformada. Por lo general, su distribución a través de la matriz de la roca no presenta ninguna orientación preferente. No obstante, en zonas en las que la biotita constituye el fémico más abundante, puede aparecer orientada dando lugar a texturas lepidoblásticas. Los procesos de cloritización de la biotita detectados en estas rocas se deben a alteraciones de origen meteórico.

La hornblenda (ferrohornblenda, tabla 1) se presenta con tonos verdes y es pleocroica y subidiomorfa. Puede dar lugar a texturas nematoblásticas cuando constituye el fémico predominante en la roca. Como consecuencia de procesos de alteración meteórica se hematiza y transforma en clorita y biotita.

El circón es el más frecuente de los minerales accesorios. Presenta un hábito idiomorfo y puede aparecer: a) como cristales aislados, de gran tama-

ño y con abundantes inclusiones de naturaleza diversa, ocupando posiciones integranulares; b) como agrupaciones de cristales de pequeño tamaño de grano; c) en el interior de hornblendas y biotitas, dando lugar a halos metamícticos. Es relativamente frecuente que los cristales que se presentan aislados estén zonados, mientras que las agrupaciones suelen estar asociadas con minerales opacos y fémicos.

La titanita se presenta como cristales aislados de hábito idiomorfo. Se trata de un accesorio casi tan habitual como el circón, y frecuentemente se encuentra alterada en leucoxeno. Una particularidad de algunas de estas titanitas es la presencia de núcleos de ilmenita, fenómeno característico de rocas retrometamorfizadas.

Facies Zorro. Esta facies está constituida por un ortogneis de riebeckita de grano grueso. Geográficamente se distribuye entre la loma del Zorro, de la que recibe su nombre, y un afloramiento pinzado en un desdoblamiento de una falla situado al este del anterior.

Los límites de esta facies con los materiales que la rodean son de dos tipos, intrusivo o por falla. El primero se presenta al sur y oeste del afloramiento de la loma del Zorro y pone en contacto estos materiales con el encajante metasedimentario. El segundo tipo, que delimita el afloramiento de la loma del

Tabla 3.—Valores medios de los análisis de feldespatos procedentes de diferentes facies del Complejo Peralcalino de Porriño

Muestra	Galiñeiro microclina	Galiñeiro albita	Hornb-biot albita	Banda microclina	Banda albita	Guía microclina	Ermita microclina	Ermita albita
SiO ₂	64,44	68,73	68,82	65,11	69,58	65,04	65,00	69,14
TiO ₂	0,06	0	0	0	0,01	0	0	0,01
Al ₂ O ₃	17,97	19,16	19,11	17,43	19,43	17,83	17,61	18,80
Cr ₂ O ₃	0	0,03	0	0,03	0	0	0	0
FeO	0,50	0,60	0,02	0,14	0,52	0,21	0,32	0,47
MnO	00	0	0,08	0	0	0	0	0
MgO	0,01	0,01	0,02	0,02	0	0	0	0
CaO	0	0,04	0,04	0	0,01	0,01	0	0,03
NiO	0	0	0,07	0	0,03	0	0	0,01
Na ₂ O	0,25	11,41	11,24	0,34	11,44	0,35	0,23	11,68
K ₂ O	16,85	0,12	0,11	16,45	0,14	16,16	16,57	0,18
Total	100,08	100,70	99,51	100,23	101,15	99,60	99,83	100,32
#Si	3,00	3,00	3,01	3,02	3,01	3,02	3,02	3,02
#Ti	0,00	0	0	0	0	0	0	0
#Al	0,97	0,99	0,98	0,96	0,99	0,98	0,96	0,97
#Fe ³⁺	0	0	0	0	0	0	0	0
#Cr	0	0	0	0	0	0	0	0
#Fe ²⁺	0,02	0,02	0	0,03	0,02	0,01	0,01	0,02
#Mn	0	0	0	0	0	0	0	0
#Mg	0,00	0	0	0	0	0	0	0
#Ca	0	0	0,02	0	0	0	0	0
#Ni	0	0	0	0	0	0	0	0
#Na	0,02	0,97	0,95	0,03	0,96	0,03	0,02	0,99
#K	0,99	0,01	0,01	0,97	0,01	0,96	0,98	0,01

Zorro por su extremo norte y el afloramiento pinzado en todo su contorno, los pone en contacto con otras facies del macizo como son las facies Bandead y la de la Ermita.

A escala de afloramiento y en muestra de mano, se trata de una roca de aspecto muy homogéneo, que se caracteriza por una textura planolínear de grano grueso muy marcada y en la que alternan niveles cuarzo-feldespáticos y anfibólicos que definen una foliación muy penetrativa. Esta textura planolínear favorece el desarrollo de fracturas subparalelas a la foliación, lo que confiere a los afloramientos un aspecto tableado.

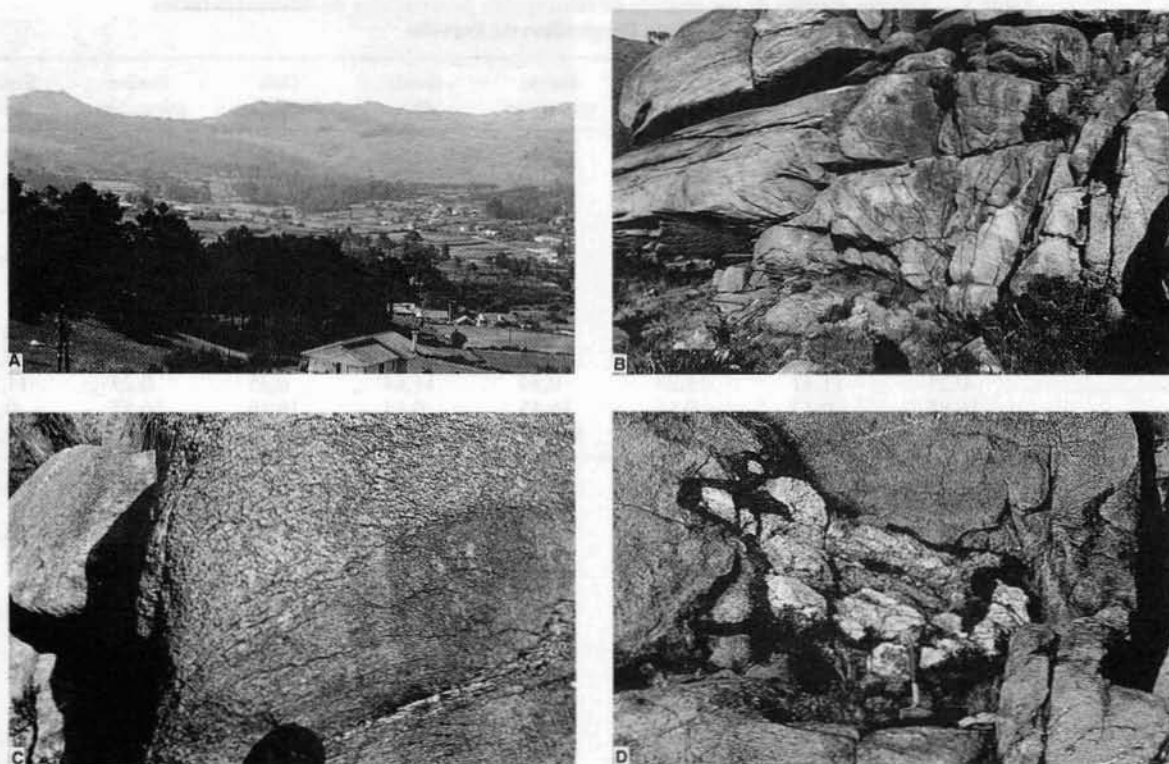
Microscópicamente, esta facies se caracteriza por su grano grueso, la ausencia de egirina como mineral esencial, y la intensidad de los procesos de blastesis. Todo ello se traduce en una roca de textura granoblástica o granonematoblástica, constituida mineralógicamente por cuarzo de hábito alotriomorfo y extinción ondulante, dos generaciones de microclina, albita como cristales relictos o intersticiales (Ab 99), y riebeckita, que se presenta como cristales subidiomorfos, con un intenso pleocroísmo, que enmascara los colores de polarización del mineral (lám. 2-A). Como principales accesorios hay circón, que puede presentarse como cristales aislados o como agregados de grano fino y aspecto

arracimado, rara egirina, enriquecida en Na (tabla 2), apatito y opacos. Localmente, la presencia de cristales relictos de mayor tamaño de grano da lugar a texturas porfidoblásticas en las que la microclina y la plagioclasa constituyen los fenoblastos.

Facies Saramagal. Se trata de un ortogneis de riebeckita y egirina que se emplaza en la zona central del macizo y está en contacto con las facies Galiñeiro y de Hornblenda y Biotita.

Geográficamente se localiza en una loma situada entre las del Galiñeiro, Zorro y la Ermita de las Nieves. El contacto de esta facies con la facies Galiñeiro es una falla que atraviesa de oeste a este todo el macizo. A nivel de afloramiento, sus principales características son la presencia de zonas aparentemente indeformadas y una alternancia de niveles de grano grueso y grano fino (lám. 1-C) que afectan tanto a las zonas más deformadas como a las menos deformadas, por lo que se deduce que su origen es claramente ígneo.

Microscópicamente se caracteriza por presentar una textura que oscila entre granonematoblástica, definida por la orientación de anfíboles y piroxenos, y que aparece a lo largo de los bordes y zona norte de la facies, y granoblástica, esta última en el núcleo y sur de la facies. De forma localizada, la presencia de granos relictos puede dar lugar a textu-



Lám. 1.—A: Visión panorámica de la Sierra del Galiñeiro, que forma un suave sinclinal de tercera fase. B: Aspecto del plegamiento que afecta a la facies bandeada. La presencia de pliegues es observable por la alternancia de facies ígneas de grano grueso alternando con otras de grano fino. C: En la facies de Saramagal, sobre todo el de sus bordes, se observa la alternancia de litologías de diferente tamaño de grano en las que se aprecia claramente la foliación tectónica que afecta a la roca. D: Ocasionalmente en la facies bandeada se pueden observar litologías de naturaleza pegmatítica en las que la parte central está ocupada mayoritariamente por feldespatos y cuarzo, y el borde por grandes cristales de riebeckita.

ras porfidoblásticas, lo mismo que ocurre en las restantes facies del macizo. Mineralógicamente, esta facies está constituida por cuarzo, microclina, plagioclasa, riebeckita y egirina como minerales esenciales, siendo los accesorios más comunes circón, de iguales características a los ya descritos, opacos y apatito.

El cuarzo se puede presentar como grandes cristales relictos o bien como agregados de cuarzo recrystalizado. Cuando se presenta como cristales relictos, éstos se caracterizan por presentar un hábito alotriomorfo, subredondeado, extinción ondulante y una tendencia a la formación de subgranos que provoca una cierta zonación desde los bordes al interior del cristal; mientras que cuando se trata de cuarzo recrystalizado su hábito, aún siendo alotriomorfo, es poligonal, por lo que presenta abundantes puntos triples, y extinción ondulante.

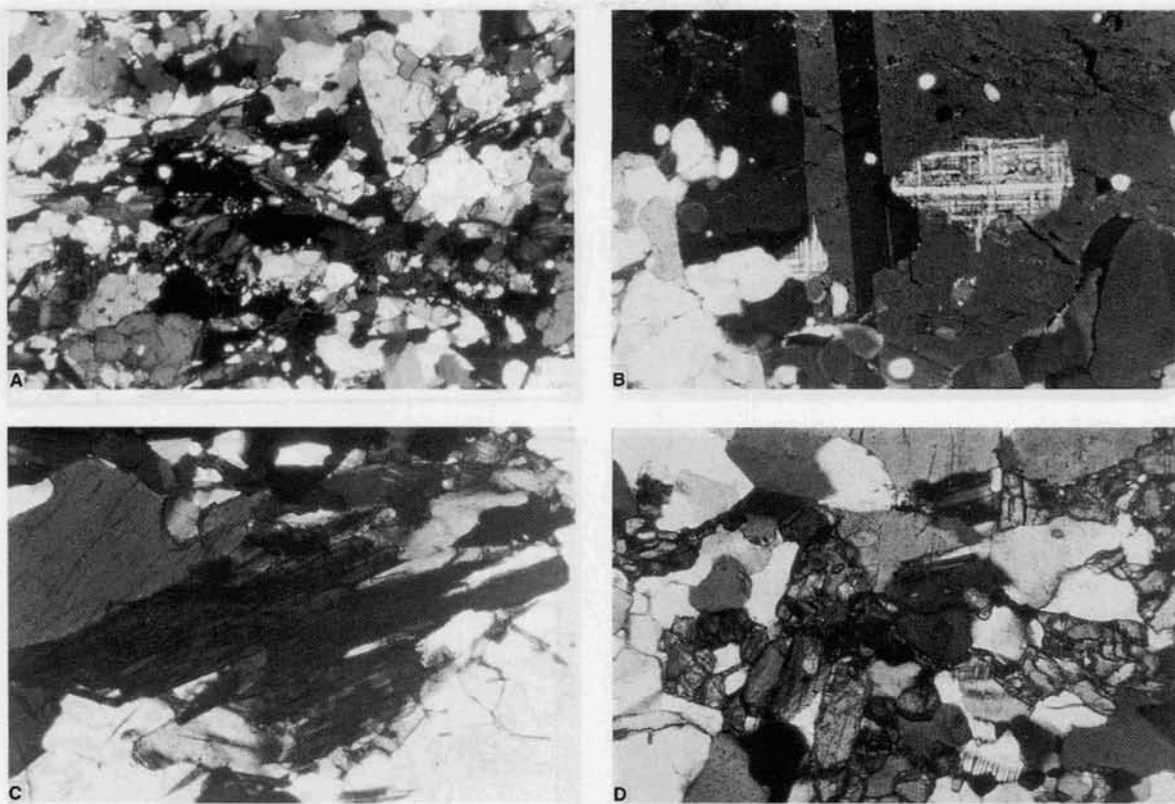
La plagioclasa es albita y existen dos generaciones. Las albitas precoces se caracterizan por la ausencia de maclas o, si las presentan, éstas son polisintéticas de escasos individuos. Se trata de

cristales subidiomorfos de gran tamaño que constituyen parte de los porfidoblastos de la roca. Las albitas tardías, que son intersticiales y tienen maclas polisintéticas de numerosos individuos que siguen las leyes de la albita y la periclina. Con frecuencia pueden presentar un enrejado similar al de la microclina.

La microclina, al igual que la plagioclasa, da lugar a grandes cristales relictos, con abundantes inclusiones de las otras fases presentes en la roca, o a una fase intersticial que rellena huecos entre los cristales generados previamente.

La riebeckita, óptica y morfológicamente, es similar a la de la facies anterior. Se presenta más o menos orientada en función de la posición que ocupe la muestra dentro de la facies, es decir, según proceda del interior o los bordes de la misma. En alguna de las muestras estudiadas se han podido observar ejemplares que presentan macla polisintética.

La egirina se presenta, por lo general, asociada a la riebeckita y, como ésta, presenta un hábito subidiomorfo más o menos orientado y con marcado



Lám. 2.—A: NCX32. La riebeckita es el fémico dominante en la facies Zorro en la cual, entre nicoles cruzados, los colores de anisotropía son enmascarados por el propio color del mineral. B: NCX100. En los gneises de la facies banda se puede observar cómo la albita reemplaza a una generación anterior de microclina. C: En la facies Ermita es muy frecuente la presencia de astrofilita, característica por su aspecto fibroso, que en este caso se ha formado junto a una placa de riebeckita entre cuarzo y feldespatos. D: En la facies Galiñeiro la egerina puede llegar a ser el fémico dominante, como es el caso de la fotografía donde aparece con algo de riebeckita y entre cuarzo y feldespatos.

pleocroismo. Es menos abundante que la riebeckita. Como consecuencia de la alteración meteórica destaca la presencia de sericita, procedente de la alteración de feldespatos, y de óxidos de hierro.

Facies Banda. Se distribuye a lo largo de un estrecho pasillo que, partiendo del extremo norte del macizo del Galiñeiro, atraviesa de sur a norte los materiales metasedimentarios de la Unidad, perdiéndose en Bembribe, al sur de Vigo. El contacto de esta facies con la facies Galiñeiro es una falla de dirección NO-SE. Está constituida por ortogneises de riebeckita con una marcada foliación, definida por la alternancia de planos cuarzo-feldespáticos y anfibólicos, y que buza hacia el este.

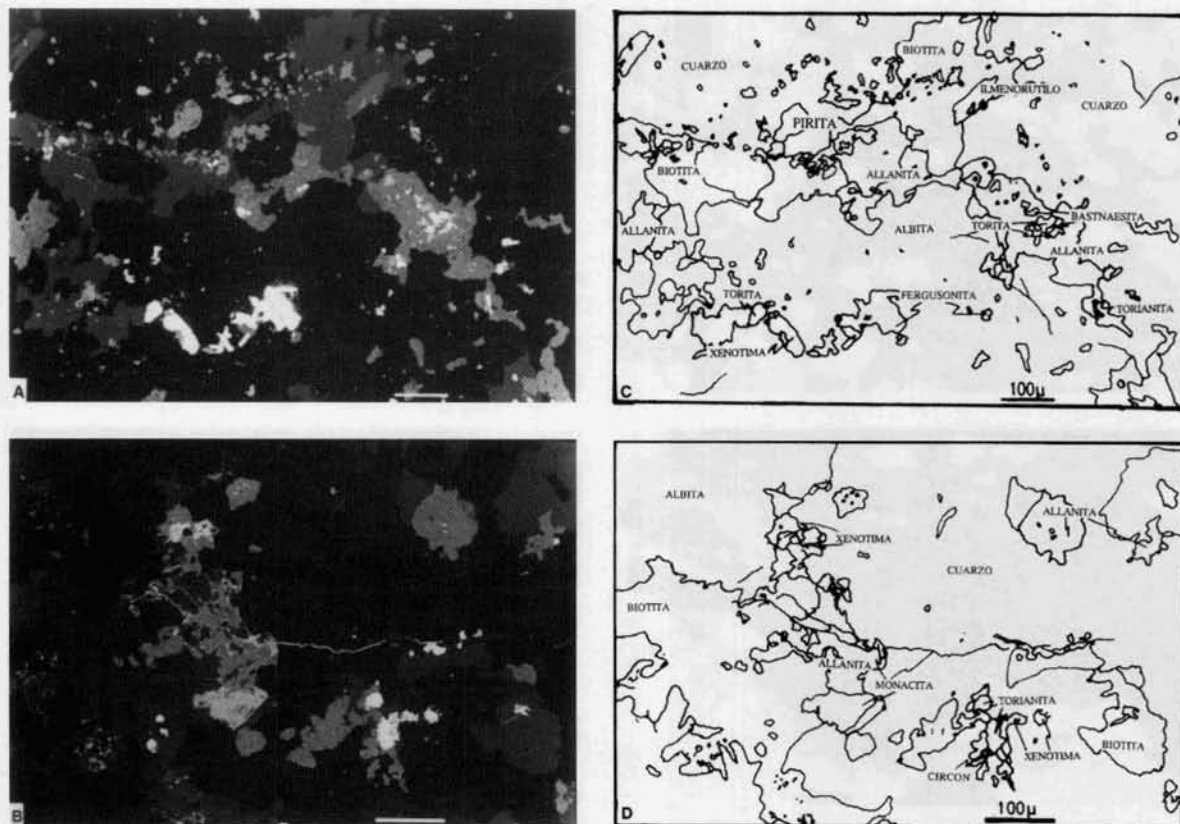
En los afloramientos de esta facies se han observado, de forma localizada, pequeños pliegues isoclinales de la foliación, con planos axiales subparalelos a la misma, y otras estructuras asociadas a fenómenos de cizalla, tales como granos rotados, que se ajustan a las directrices estructurales de la segunda fase Varisca.

Al microscopio, la roca muestra una textura que

oscila entre granoblástica y granonematoblástica de grano fino, y está compuesta por cuarzo, albita, microclina y riebeckita como minerales esenciales. La albita puede reemplazar a la microclina, quedando a veces parches de este mineral en la plagioclasa (lám. 2-B). Como accesorios, se encuentran circón, astrofilita, apatito y opacos, entre los que destaca la ilmenita. Como resultado de la alteración meteórica tiene lugar el reemplazamiento de algunas de las fases primarias por otras tales como sericita, clorita y opacos. Las características ópticas y morfológicas de estas fases minerales son iguales a las que presentan en las facies ya descritas, por lo que únicamente cabe destacar la presencia de fenómenos de microclinización.

La astrofilita se presenta con hábito acicular, normalmente en agregados desfilcados y algo oxidados, siendo por lo general un accesorio no muy frecuente. Esto no impide que de forma localizada pueda llegar a observarse en muestra de mano.

Facies Ermita. Esta facies está representada por un ortogneis de riebeckita y egerina situado en el borde oriental del macizo del Galiñeiro, en contacto



Lám. 3.—A y B: Aspecto al microscopio electrónico en lámina delgada pulida de los gneises radiactivos mineralizados, en los que se observa la albita y cuarzo junto con biotita, allanita, circón y otros minerales de tierras raras. La imagen electrónica de barrido con electrones retrodispersados permite reconocer mejor los minerales con elementos pesados. C y D: Esquema de situación de los extremadamente finos granos de los minerales de tierras raras, que forman intercrecimientos en los gneises radiactivos del Complejo Peralcalino de Porriño.

con las facies de Hornblenda y Biotita, y Zorro. El afloramiento constituye un apéndice que, surgiendo del extremo sur del macizo, se prolonga hacia el norte atravesando los paragneises encajantes.

A escala de afloramiento y de muestra de mano, se trata de una roca de grano fino muy deformada, que presenta una marcada textura planolinear definida por la alternancia de bandas anfibólico-piroxénicas y cuarzo-feldespáticas de espesor milimétrico que, como en las facies anteriores, definen la foliación.

La microtextura de la roca varía entre granone-matoblástica y granoblástica, estando muy marcados los procesos de blastesis y de recrecimiento cristalino. Mineralógicamente se caracteriza por presentar, como minerales esenciales, cuarzo, microclina (97-98 % Or), albita (99 % Ab) (tabla 3), riebeckita-arfvedsonita (Na+K pos.A 0,4-0,6) (tabla 1) y egrina, esta última en menor proporción y con una distribución heterogénea; como accesorios destacan el circón y la astofilita (lám. 2-C), siendo menos frecuentes los opacos y el apatito;

como minerales accesorios pueden aparecer sericita, procedente de la alteración de los feldespatos, y biotita, procedente del reemplazamiento de la riebeckita. Difiere de otras facies por la abundancia de astofilita (lám. 2-C) y la mayor deformación que presenta.

El anfíbol es arfvedsonita, aunque su composición se encuentra muy próxima a la de la riebeckita. Se presenta en cristales orientados de hábito subidiomorfo que se distribuyen, junto con la egrina y la astofilita, a lo largo de planos que definen la foliación de la roca.

La egrina muestra una distribución más heterogénea que la arfvedsonita, hasta el punto de ser más abundante que esta última en algunas muestras, mientras que en otras prácticamente no está presente. Por lo general, se trata de egrinas anómalas enriquecidas en Na, siendo su hábito subidiomorfo.

Facies Bandeada. Está constituida por un ortogneis de riebeckita y egrina emplazado al sur del macizo, entre las facies Zorro y Galiñeiro.

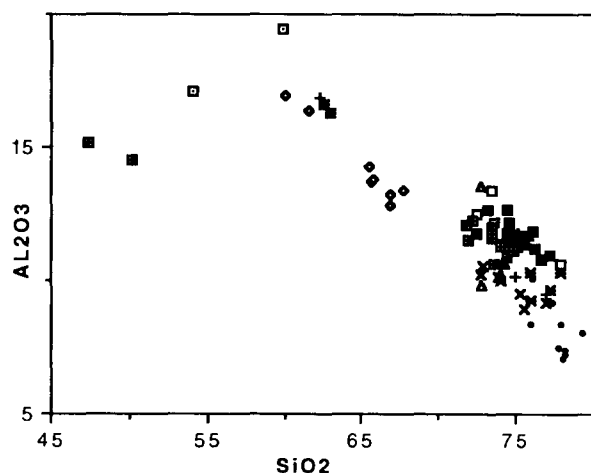
Tabla 4.—Abundancia media en elementos mayores (% peso) del conjunto de muestras relacionadas con el Complejo Peralcalino de Porriño.

Unidad	Facies	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃
Rocas no peralcalinas	Paraneises	59,8	19,43	7,27	2,64	1,21	2,78	3,89	0,77	0,14	0,11	0,023
	Anfibolitas	50,4	14,91	11,26	7,36	10,2	2,63	0,47	1,46	0,18	0,23	0,040
	Ortogneises	74,3	12,68	2,30	0,34	1,26	3,41	4,45	0,16	0,04	0,04	0,013
Complejo Peralcalino de Porriño	Horn-bioti	65,8	13,8	6,26	1,28	1,61	3,41	3,84	1,11	0,32	0,11	0,012
	Piñeiro	75,4	11,34	2,76	0,01	0,10	4,29	5,04	0,16	0,02	0,05	0,018
	Zorro	73,4	13,39	3,59	0,01	0,08	3,97	4,65	0,26	0,01	0,05	0,027
	Saramagal	74,2	10,65	5,71	0,02	0,01	3,80	3,93	0,18	0,01	0,07	0,025
	Banda	75,5	11,68	4,95	0,02	0,04	3,77	4,73	0,26	0,01	0,03	0,016
	Ermita	76,9	9,55	3,97	0,09	0,09	4,27	3,83	0,23	0,04	0,08	0,019
	Guía	74,0	11,33	3,86	0,04	0,09	4,64	4,87	0,22	0,01	0,03	0,012
	Bandeada	74,1	10,66	5,71	0,01	0,01	3,96	4,09	0,18	0,02	0,11	0,019
	Galiñeiro	76,8	9,20	5,55	0,11	0,05	3,27	3,71	0,28	0,01	0,08	0,026

A nivel de afloramiento, se caracteriza esta facies por presentar una textura bandeada, en la que alternan niveles de grano grueso y grano fino subparalelos a la foliación de la roca (lám. 1-B). Sobreimpuesta a este bandeo se observa una foliación planar o planolinear que es más marcada en los niveles de grano grueso. De forma localizada se ha observado la presencia de filones de cuarzo, que presentan concentraciones de riebeckita, y de pegmatitas cuarzo feldespáticas con grandes cristales de riebeckita idiomorfos (lám. 1-D). También se han observado pliegues a escala métrica que no son visibles en las restantes facies del macizo.

Microscópicamente, las muestras de grano grueso presentan una textura que oscila entre granonematoblástica y granoblástica. Esto da lugar a una foliación definida por la alternancia de niveles cuarzo-feldespáticos y niveles anfibólico-piroxénicos. La textura de los niveles de grano fino es predominantemente granoblástica.

La composición mineralógica de esta facies, al igual que la textura, varía de unos niveles a otros. En los niveles de grano grueso hay cuarzo, micro-

Fig. 3.—Diagrama binario SiO₂-Al₂O₃ para las litologías del Complejo Peralcalino de Porriño.

- Paraneises
- Rocas peralcalinas
- Hornblenda-biotita
- Piñeiro
- Zorro
- ▲ Saramagal
- Banda

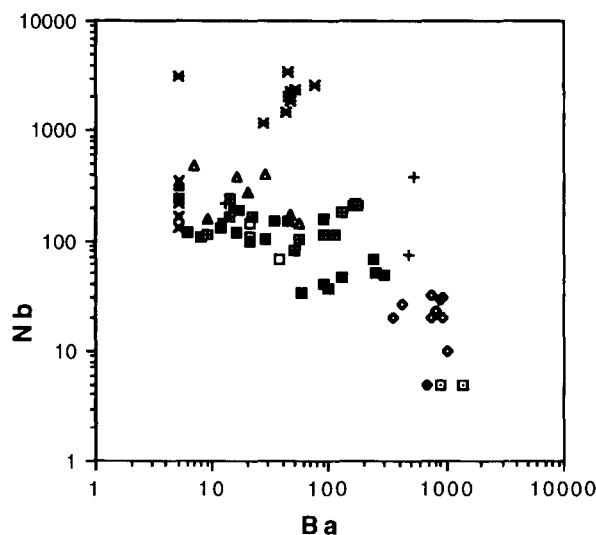


Fig. 4.—Diagrama binario Ba-Nb para las diferentes litologías del Complejo de Porriño.

- Guía
- + Ermita
- ▲ Bandeado
- x Galiñeiro
- Magnetita
- x Radioactivos

LEYENDA COMUN PARA LAS FIGURAS 3 A 10

Tabla 5.—Abundancia media en elementos traza (ppm) para el conjunto de muestras relacionadas con el Complejo Peralcalino de Porriño

Unidad	Facies	Rb	Sn	Ga	Zn	U	Th	Sr	La	Ba	Zr	Y	Ta	Nb	Be
Rocas no peralcalinas	Paraneises	135	5	25	130	5	8	240	34	1.150	164	34	1	5	3
	Anfibolitas	19	8	19	24	5	1	140	2	87	104	35	11	29	0,2
	Ortogneises	140	2	18	30	5	14	132	26	811	101	37	1	20	0,4
Complejo Peralcalino de Porriño	Hornb-biotit.	170	7	26	70	5	14	268	69	758	306	46	4	20	6
	Piñeiro	165	4	37	41	5	28	11	53	160	452	43	5	47	0,3
	Zorro	190	14	36	125	8	21	10	53	20	752	55	9	125	5
	Saramagal	343	30	37	250	7	30	10	40	12	1.846	35	13	261	10
	Banda	221	15	37	42	8	36	10	180	34	1.279	71	19	147	0,5
	Ermita	210	16	48	47	14	53	10	129	25	1.943	82	26	254	1
	Guía	290	4	37	97	8	31	12	126	89	1.892	101	18	165	2,9
	Bandeada	285	60	48	194	5	43	10	156	28	2.322	124	45	245	7
	Galiñeiro	317	17	32	149	7	46	10	161	6	2.128	141	17	219	7

clina (96-98 % Or), plagioclasa (99-100 % Ab), riebeckita (Na+K pos.A 0,3-0,45) y egrina anómala, rica en Na, como minerales esenciales, y circón, astrofilita, apatito y opacos, como accesorios. En el caso de los niveles de grano fino los minerales esenciales son cuarzo, microclina, albita y riebeckita, y los accesorios circón, egrina y apatito.

Como particularidades de esta facies cabe citar la presencia de procesos de albitización incipientes, de egrinas tapizando diaclasas, y la hematización de la astrofilita.

Facies Galiñeiro. Constituye la facies más extendida dentro del sector, ocupando la zona centro occidental. Hacia el N enlaza con la facies de la Banda, al S una falla la separa de las facies Zorro y Bandeada, al E se pone en contacto con los ortogneises de anfíbol y biotita, y finalmente al O son los metasedimentos del complejo las rocas encajantes. Se trata de un ortogneis de riebeckita-egrina que presenta un enriquecimiento progresivo, de E a O,

de su contenido en magnetita y egrina hasta definir, en su extremo oriental, una subfacies denominada facies de Magnetita por Floor (1966).

En muestra de mano y a nivel de afloramiento, esta facies presenta una textura planolínear definida por la alternancia de niveles orientados de naturaleza anfibólico-piroxénicos con otros cuarzo-feldespáticos de espesores milimétricos. A esta escala, la facies Magnetita difiere de la facies Galiñeiro por su carácter magnético y su coloración verdosa debida a su alto contenido en egrina (lám. 2-D).

Otras estructuras observadas a nivel de afloramiento son: pliegues isoclinales de 2.^a fase afectando a la foliación, pequeñas bandas de cizalla dúctiles o frágil-dúctiles, y diques y filones de cuarzo y pegmatita.

La composición mineralógica de esta facies es: cuarzo, microclina (96-98 % Or), plagioclasa (98-99 % Ab), riebeckita (Na+K pos.A 0,5-0,45) (tabla 1) y egrina anómala, rica en Na (tabla 2), como minerales esenciales; circón, apatito, opacos, entre los que desta-

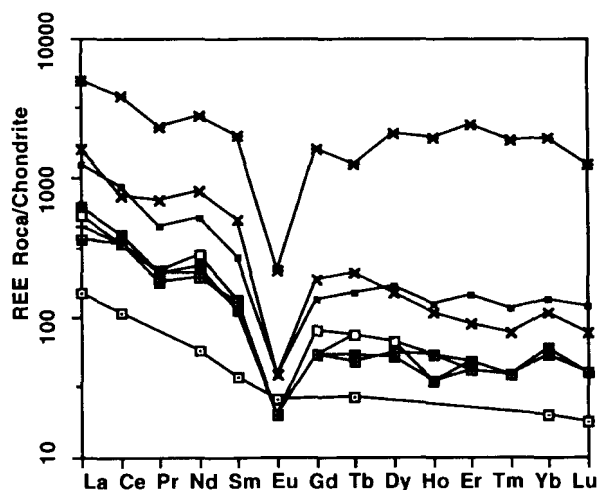


Fig. 5.—Diagrama de REE normalizados (condrito) de las diferentes facies del Complejo Peralcalino de Porriño.

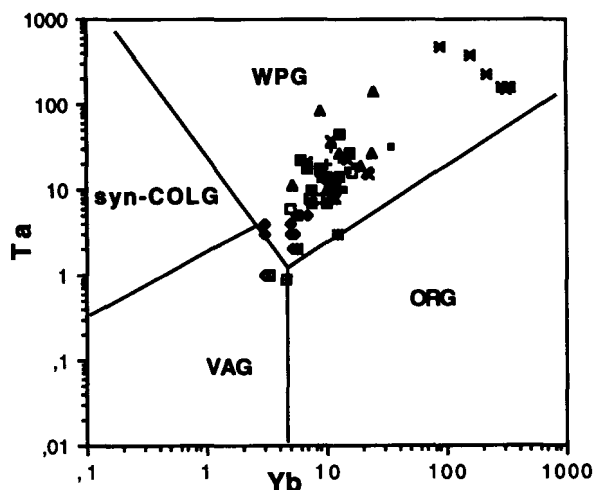


Fig. 6.—Diagrama de discriminación tectónica Yb-Ta de Pearce et al. (1984) para el Complejo Peralcalino de Porriño.

Tabla 6.—Abundancia media en tierras raras para el conjunto de muestras relacionadas con el Complejo Peralcalino de Porriño

Unidad	Facies	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Rocas no peralcalinas	Paraneises	70	<1	30	6	1,5	<2	1	<3	<1	<2	<1	4	0,5
	Anfibolitas	23	2	18	5	1	4	1	5	1	3	1	3	1
	Ortogneises	86	9	36	7	1,5	7	1,5	6	1,5	3	1	5	1
Complejo Peralcalino de Porriño	Hornb-biotit.	100	9	51	9	1,5	6	1	8	1	4	1	7	1,5
	Piñeiro	55	12	50	12	1	8	1	8	1	3	1	6	1
	Zorro	110	8	47	7	1	5	1	7	1	4	1	7	1
	Saramagal	70	<1	35	8	1	<2	2	<3	<1	<2	<1	12	1,5
	Banda	210	18	91	20	1	10	2	14	3	7	1	10	1
	Ermita	180	15	79	18	1	8	2	14	2	7	1	10	1
	Guía	250	20	110	17	1	11	2	13	2	8	1	10	1
	Bandeada	210	21	132	25	1	15	3	17	3	8	1	13	2
	Galiñeiro	460	36	230	36	1,5	25	3	25	4	13	2	15	2

ca la magnetita, y carbonatos, como accesorios; como minerales secundarios, óxidos y sericita. La textura es predominantemente granonematoblástica aunque pueden presentarse localmente texturas granoblásticas.

Facies Radiactiva. Se trata de un ortogneis de biotita del que únicamente afloran dos pequeños cuerpos situados al sureste del embalse de Zamanes. Su estudio se ha realizado a partir de muestras de superficie y de otras procedentes de los sondeos efectuados tanto por la JEN (1962), como por RTM (1992). Estos últimos sondeos han puesto de manifiesto una zonación dentro del cuerpo mineralizado, el cual tiene una morfología aproximadamente tabular y buza ligeramente hacia el noreste.

La única evidencia de esta facies en el campo es la presencia de fragmentos de roca alterada de color pardo rojizo en los suelos. En alguno de los testigos de sondeo se han observado pliegues isoclinales cuya morfología los hace asimilables con los pliegues de la 2.^a fase Varisca.

La textura de la roca es granoblástica, de grano fino. Localmente, muestra un bandeo definido por la presencia de niveles de biotita y accesorios. Su composición mineralógica incluye como minerales esenciales, cuarzo, de iguales características que en las facies anteriores, albita, y biotita, que generalmente lleva incluidos circones y otros accesorios y frecuentemente está deformada. Como accesorios hay microclina, abundante circón, grunnerita (Mg-damnmorita), astrofilita (Floor, 1961) y, en menor proporción, pirita, galena, casiterita, pirrotina, esfalerita, calcopirita, riebeckita, egirina, hornblenda, fluorita, allanita, fergusonita (Vergara *et al.*, 1991), xenotima, monacita, thorita, thorianita, columbita, bastnaesita (Arribas *et al.*, 1993 a y b; Corretge *et al.*, 1992), yttrialita, ilmenorutilo, apatito y posiblemente gadolinita (Arribas *et al.*, 1993 a y b) (lám. 3). El circón suele presentarse formando agregados policristalinos de grano muy fino con otros accesorios y, con menos frecuencia, como cristales idiomorfos, aislados y zonados, o como inclusión en cuarzo o en biotita dando lugar, en este último caso, a aureolas metamícticas. La propor-

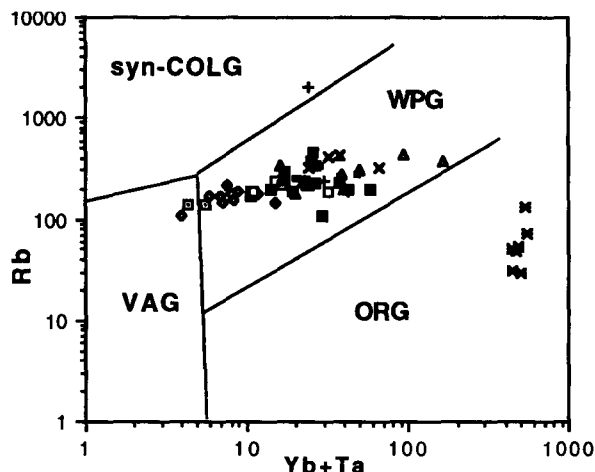
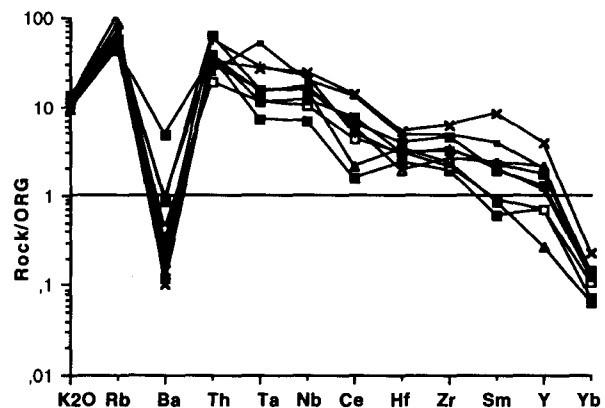
Fig. 7.—Diagrama de discriminación tectónica Yb+Ta frente a Rb de Pearce *et al.* (1984) para el Complejo de Porriño.

Fig. 8.—Valores normalizados para elementos representativos de las rocas peralcalinas.

ción relativa de estos minerales, tanto esenciales como accesorios, varía de unas muestras a otras, lo que hace suponer la existencia de una zonación dentro de estas cúpulas que se ve remarcada por la mayor concentración en la zona más superficial de thorita, thorianita e yttrialita. Finalmente, como minerales de alteración, aparecen sericita, limonita y covellina.

Unos 300 metros al este de los gneises radiactivos y 1 kilómetro al norte de la Ermita de las Nieves aflora un cuerpo subcircular de varios metros de diámetro. Se trata de un ortogneis de biotita que está encajado en los metasedimentos. Está cortado por varios filones de naturaleza pegmatítica, posteriores a él y aparentemente indeformados, por lo que se trataría de pegmatitas variscas de otro origen, y por tanto no relacionadas con los ortogneises alcalinos. El cuerpo ortogneísico es de aspecto pegmatítico, foliado como el resto de las facies del macizo, y con textura granolepidoblástica.

En muestra de mano esta facies presenta grano grueso y una textura planolinear definida por la alternancia de niveles orientados de naturaleza biotítica con otros cuarzo-feldespáticos de espesor centimétrico.

Sus minerales esenciales son cuarzo, albita (98-99 % Ab), biotita, y microclina (93-94 % Or), esta última en escasa cantidad. Como minerales accesorios hay abundante circón, apatito y opacos. Los circones, que producen abundantes halos pleocroicos en las biotitas, son de dos tipos, unos limpios e idiomorfos (más abundantes), y otros pequeños, que forman cúmulos y racimos.

La característica más importante de esta facies es su elevado contenido en Li (1.317 ppm), Rb (2.000 ppm) y Cs (710 ppm). El primero de los elementos se localiza posiblemente en la biotita, dado que los análisis con microsonda de este mineral ponen de manifiesto la presencia de algún elemento no detectado pues, sin tener en cuenta el H₂O, la suma en peso de los cationes presentes sólo llega al 92-94 %. Este déficit del 2-4 % puede deberse a la presencia de Li en el mineral, por lo que se trataría, eventualmente, de biotita litinífera.

Sector de La Guía

Este sector está situado al norte de Vigo, alineado con el sector de Porriño, y está constituido por un cuerpo intrusivo, subredondeado y de naturaleza peralcalina, del que parte una apófisis hacia el sur. Todo el sector está ocupado por una única facies, que se denomina facies Guía, por ser en esta península donde se encuentra la mayoría de los afloramientos.

Facies Guía. Se trata de un ortogneis de riebeckita-arfvedsonita y egirina que, a nivel de afloramiento, se caracteriza por su grano fino y marcada foliación. Como en las facies descritas anteriormente, está defi-

nida esta facies por la alternancia de niveles cuarzo-feldespáticos y anfibólico-piroxénicos. Puntualmente aparecen concentraciones de astrofilita y enclaves del encajante parcialmente asimilados, siendo esta facies la única de todas las estudiadas en la que se han observado estos enclaves.

El encajante de este cuerpo intrusivo sigue siendo las rocas metasedimentarias del Complejo. No obstante, su borde occidental se encuentra afectado directamente por la intrusión de los granitoides Variscos.

Al microscopio, se caracteriza esta facies por presentar una textura que oscila entre granoblástica y granonematoblástica. La composición mineralógica es, como minerales esenciales, cuarzo, albita, que localmente presenta una incipiente microclinización, microclina (97-98 % Or), riebeckita (Na+K pos.A 0,10-0,35), arfvedsonita (Na+K pos.A 0,45-0,70) (tabla 1), pudiendo ambos anfíboles ser reemplazados por biotita y egirina anómala, rica en Na. Como accesorios más frecuentes hay circón, fluorita, que localmente puede llegar a ser observada de «visu», astrofilita, apatito, carbonatos y opacos, entre los que destacan pirita e ilmenita. Junto con estos minerales aparecen, como resultado de la alteración meteórica de fémicos y feldespatos, óxidos y sericita respectivamente.

Los carbonatos y la fluorita aparecen como fases intersticiales, siendo su proporción muy escasa en todos los afloramientos, excepto en uno situado en la playa de La Guía, en el que puntualmente se puede observar a simple vista la fluorita.

Sector de Piñeiro

Este sector está situado al oeste del concejo de Redondela, tratándose de la manifestación más oriental de ortogneis peralcalino. Para este sector, a diferencia de los restantes en los que las rocas peralcalinas atravesaron materiales metasedimentarios, el encajante está constituido por rocas ortoderivadas, como son los ortogneis de biotita. El sector está constituido por una única facies.

Facies Piñeiro. Se trata de un ortogneis de riebeckita cuya característica más relevante es el intenso grado de alteración meteórica que sufren los escasos afloramientos encontrados. Se trata de rocas de grano fino y tonalidad rosada, con una foliación definida por la alternancia de niveles cuarzo-feldespáticos y anfibólicos.

Al microscopio, esta facies muestra un rango de texturas comprendido entre granoblástica y nematoblástica. Su composición mineralógica consiste, como minerales esenciales, en cuarzo, albita, microclina y riebeckita, que puntualmente sufre un reemplazamiento por biotita o clorita. Como principales accesorios hay circón, ilmenita, apatito y rutilo.

Geoquímica

La caracterización geoquímica de estas rocas se realizó mediante el análisis en los laboratorios de ACTLABS y ACME (Canadá) de noventa y una muestras recogidas en dos etapas de desmuestra. Se utilizaron fluorescencia de rayos X (FRX), activación, neutrónica (INAA) y espectrometría de plasma de emisión (ICAP) según el elemento a analizar. La preparación de las muestras consistió, en primer lugar, en eliminar las partes que presentaban evidencias de haber sufrido procesos de alteración. Seguidamente, la muestra se trituró en molinos de mandíbulas y una de las fracciones obtenida por cuarteo se pulverizó en un molino de anillos con objeto de alcanzar la granulometría adecuada para el análisis.

Los elementos y óxidos analizados se recogen en las tablas 4 a 7, a partir de las cuales se pueden establecer las agrupaciones de facies que presentan un comportamiento geoquímico similar, tal como se indica a continuación.

Por lo que se refiere a los elementos mayores, se pueden establecer claramente tres grupos, que son:

a) Ortogneises de Hornblenda y Biotita que se caracterizan por presentar las concentraciones más bajas en SiO_2 y K_2O de las facies analizadas (con la excepción, para este último óxido, de la facies radiactiva) y las más elevadas en Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , CaO , TiO_2 , P_2O_5 .

b) Ortogneises de riebeckita, que se caracterizan por presentar bajas concentraciones de Al_2O_3 , MgO y CaO , y elevadas de SiO_2 , Fe_2O_3 , Na_2O , TiO_2 , P_2O_5 .

c) Ortogneises radiactivos, que se caracterizan por presentar las mayores concentraciones de SiO_2 y las más bajas en K_2O , Fe_2O_3 , Al_2O_3 y MgO . La facies pegmatítica tiene un comportamiento propio y diferente al de las otras muestras. Es la más rica en Al_2O_3 y $\text{Na}+\text{K}$, y es una de las más pobres en SiO_2 y MgO . Por lo errático de su proyección en los gráficos es difícil establecer su relación con el resto de las facies estudiadas.

En la figura 3 se pueden observar las variaciones de SiO_2 y Al_2O_3 como ejemplo de lo indicado.

En cuanto a los elementos traza, su comportamiento es más variable, aunque continúa apreciándose una distribución semejante a la establecida para los elementos mayores:

a) Ortogneises de Hornblenda y Biotita, que se caracterizan por presentar las mayores concentraciones en Ba y Sr, y las menores en Ga, Pb, Th, Zr, Nb y Ta.

b) Ortogneises de riebeckita, en los que se encuentran las mayores concentraciones de Rb, con la excepción de las facies Piñeiro, cuyo contenido en este elemento es similar al de la facies de Hornblenda y Biotita.

c) Ortogneises radiactivos, que presentan las mayores concentraciones en Sn, Zn, Pb, U, Th, Zr, Y, Nb, Yb, Ta y Be, y las menores en Rb. La facies pegmatítica, que se caracteriza por sus elevados contenidos en Li, Rb y Cs, es difícil de encajar con el resto de la facies, no estando por el momento claro su significado dentro del complejo rocoso.

Respecto del Ga, cabe señalar que su concentración en las facies de riebeckita y en la radiactiva es similar. Del Zn, U, Y, Be y Sn se puede indicar que se comportan de igual manera en las facies con riebeckita y en la de Hornblenda y Biotita, mientras que la concentración de Sr en la facies Radiactiva es superior a la que presentan las facies con riebeckita. Finalmente, en el caso de Ba (fig. 4), son las facies Ermita y Piñeiro las que más se aproximan al contenido en la facies de Hornblenda y Biotita.

El comportamiento de las tierras raras permite también asociar las facies según tres grupos homogéneos (fig. 5):

a) Ortogneises de Hornblenda y Biotita que, junto con los de las facies Zorro, Saramagal y Piñeiro, de los ortogneises con riebeckita, presentan concentraciones bajas en tierras raras.

b) Las restantes facies de ortogneises con riebeckita, que tienen contenidos en tierras raras intermedios, con la excepción para el Sm y el Gd de la facies Ermita, cuya concentración es inferior a la que presenta las facies del grupo anterior.

c) Ortogneises Radiactivos, que presentan concentraciones muy elevadas en tierras raras.

Por lo general, todas las facies aquí descritas, con la única excepción de los ortogneises de Hornblenda y Biotita, se caracterizan geoquímicamente por presentar bajos contenidos en CaO, Cr, Sr y Eu, altos contenidos en álcalis, tierras raras, Zr, Nb, Ta y F, y una relación $\text{FeO (total)}/\text{MgO}$ elevada.

La representación gráfica de los análisis de los elementos mayores, trazas y tierras raras en diagramas discriminantes del ámbito geotectónico en el que se emplazaron estos granitos peralcalinos tales como los Y/Nb, Yb/Ta (fig. 6), Rb/Yb+Ta (fig. 7) o los de elementos traza normalizados (fig. 8) de Pearce *et al.* (1984), o del

Tabla 7.—Valores máximos y mínimos en elementos mayores (% en peso), elementos traza (ppm) y tierras raras (ppm) de los gneises radiactivos de Zamanes y de la facies pegmatítica rica en Li

Unidad	Facies	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	Cr ₂ O ₃
Yacimiento	Radiactiva	79,3	10,1	4,02	0,1	0,77	4,41	1,52	0,62	0,14	0,44	0,018
Zamames	Radiactiva	75,9	7,09	2,92	0,03	0,02	3,62	0,27	0,34	0,04	0,16	0,034
Pegm. biot.	Rica en Li	62,3	16,8	5,01	3,10	0,71	5,63	3,65	0,86	0,59	0,06	0,016

Unidad	Facies	Rb	Sn	Ga	Zn	U	Th	Sr	La	Li	Ba	Zr	Y	Ta	Nb	Be
Yacimiento	Radiactiva	130	290	45	2.428	84	2.310	86	1.853	26	76	18.616	5.556	150	3.426	41
Zamames	Radiactiva	30	32	28	1.887	5	14	20	787	10	5	13.490	1.229	470	1.185	8
Pegm. biot.	Rica en Li	2.000	1,0	41	111	5	21	44	82	1.317	480	196	128	15	73	3

Unidad	Facies	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Yacimiento	Radiactiva	4.100	300	1.800	312	9	252	60	546	120	420	48	340	35
Zamames	Radiactiva	2.500	204	1.210	299	11	208	30	264	48	110	11	89	10
Pegm. biot.	Rica en Li	210	20	98	18	1	15	2	17	2	7	1	9	1

origen petrogenético, tales como los (Ga/Al)/Zr (fig. 9) o los (Ga/Al)/Nb de Whalen *et al.* (1987), muestra que las distintas facies se proyectan respectivamente en el campo de los granitos intraplaca (WPG) y en el de los granitos A, originados por fusión de una corteza continental anhidra (Keppler, 1993; Skjerlie y Jhonston, 1993).

En todos estos diagramas se puede apreciar una cierta tendencia evolutiva, la cual se pone de manifiesto con mayor claridad en el diagrama Y+Nb/Nb (fig. 10) que muestra la siguiente sucesión de facies menos a más evolucionadas: Anfíbol y Biotita, Piñeiro, Zorro, Saramagal, Banda, Guía, Ermita, Bandeada, Galiñeiro, Magnetita, Pegmatítica y Radiactiva.

Conclusiones

Las rocas descritas en este trabajo, que están fuertemente deformadas por la Orogenia Varisca, tienen carácter peralcalino, tanto desde un punto de vista mineralógico como químico. Por lo que respecta al primer aspecto, en su mayoría son rocas cuyos félicos son piroxenos y anfíboles alcalinos. Mineralógicamente, evolucionan desde litologías biotítico-hornbléndicas a riebeckíticas, egrínico-riebeckíticas y, finalmente, biotíticas con una gran riqueza de minerales accesorios de elementos escasos. Por lo que respecta al aspecto geoquímico, se observa una clara evolución desde los gneises de hornblenda-biotita (menos evolucionados), a través de los de riebeckita y egrina,

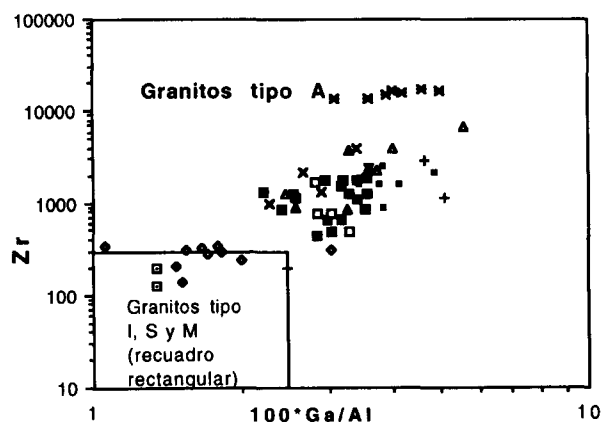


Fig. 9.—Diagrama de origen petrogenético 1.000*Ga/Al frente a Zr de Whalen *et al.* (1987) para el Complejo Peralcalino de Porriño.

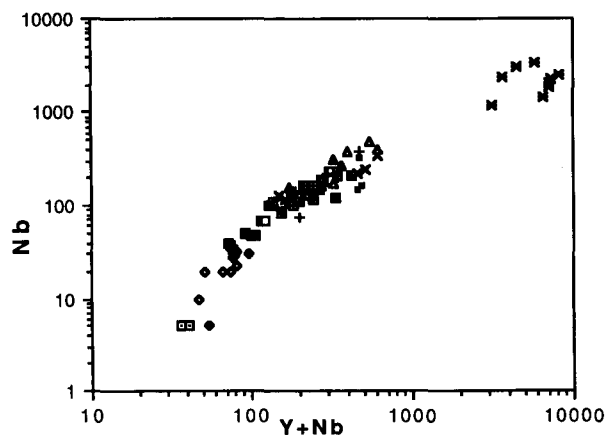


Fig. 10.—Tendencia de diferenciación Y+Nb-Nb para el Complejo Peralcalino de Porriño.

a los radiactivos de biotita con elementos escasos (más evolucionados). Esta evolución, que coincide con la mineralógica, viene marcada principalmente por el enriquecimiento progresivo en SiO_2 , y empobrecimiento en Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , TiO_2 y P_2O_5 . Por lo que respecta a los elementos traza, los que mejor marcan esta evolución son el Y y Nb que, junto con el resto de elementos escasos, aumentan de forma lineal desde la facies de hornblenda-biotita a la radiactiva. En este sentido cabe destacar la excepción de la facies pegmatítica, que es la más aluminosa y que destaca por sus elevados contenidos en Li, Rb y Cs, elementos que aparecen con contenidos elevados únicamente en esta roca. Esto explicaría el empobrecimiento en estos elementos en los gneises radiactivos.

Las características geoquímicas de los gneises radiactivos, especialmente en lo que respecta a su enriquecimiento en elementos escasos, coinciden, de forma general, con las de las pegmatitas de tipo NYF, las cuales, de acuerdo con Cherny (1993), están asociadas a granitos anorogénicos. Siguiendo las ideas de Cherny (1993), estas pegmatitas se caracterizan por sus altos contenidos en Nb, mayores que en Ta, en Y y en F, y la presencia más o menos importante de REE, Zr y Th, entre otros, además de ser subaluminosas a metaluminosas. Por ello, y únicamente desde un punto de vista geoquímico, pues en este caso se trata de facies con características de apogranitos, los gneises radiactivos serían el producto final de un proceso de diferenciación magmática. A su vez, las características del macizo de Porriño coinciden con las de los granitos anorogénicos de diversas partes del mundo, destacando en este sentido, los granitos de Nigeria, donde evolucionan desde la facies de hornblenda-biotita a la facies de riebeckita y egirina (Matheis, 1979), o de Thor Lake, en Canadá (Pollard y Taylor, 1993; Sinclair *et al.*, 1993). De todas maneras, por sus grandes analogías destaca la semejanza de este macizo con el de Bokan, situado al sur de Alaska (Thomson *et al.*, 1982). Ambos macizos, Galiñeiro y Bokan, tienen un tamaño similar con parecidos tipos de rocas peralcalinas.

En el caso del Galiñeiro, tanto las facies pegmatíticas como, sobre todo, los gneises radiactivos, responderían a un proceso de evolución magmática y diferenciación química a lo largo del cual se formarían, a partir de una facies primitiva menos evolucionada, las diferentes rocas peralcalinas, para tener como productos finales de la diferenciación las pegmatitas y, lo que es más importante por su interés económico, los ortogneises radiactivos. Estos últimos corresponderían a facies de diferenciación apograníticas muy enriquecidas en elementos escasos, los cuales entraron a formar parte de los numerosos minerales existentes en estos granitos posteriormente gneisificados por la orogenia Varisca.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro agradecimiento al profesor Andrés Pérez Estaún por su asesoramiento en los temas relacionados con la tectónica y geología del área de estudio y a la Dra. Pilar Montero por su colaboración en los trabajos de campo. Los análisis de microsonda fueron realizados con la microsonda de servicios generales de la universidad de Oviedo y los estudios de scanning en los laboratorios de microscopía electrónica de las universidades de Michigan y Oviedo. El presente artículo forma parte del proyecto de la Cicyt GEO-89/0832.

Referencias

- Abril Hurtado, J., Iglesias, M., Corretge, G., García Garzon, J., Huerga, A. (1995) Men Mapa Geol. España e 1:200.000 Pontevedra-La Guardia. ITGE. Madrid 160 p.
- Arribas, A. (1963). Mineralogía y metalogenia de los yacimientos españoles de uranio: Porriño (Pontevedra). *Bol. Soc. Española His. Nat.*, 61: 51-57.
- Arribas, A., Martín-Izard, A., y Arribas, A., Jr. (1993 a). The Zamanes REE-Y-Nb-Zr deposit in the Porriño Peralcaline Complex. *Rare Earth Minerals Meeting*, Londres, 1-3.
- Arribas, A., Martín-Izard, A., Arribas, A., Jr., y Fontenla, V. (1993). Petrography, geochemistry, mineralogy and genesis of the REE-Y-Nb-Zr ores of the Sierra del Galiñeiro, Galicia, Northwestern Spain. En: *Current Research in Geology Applied to Ore Deposits* (Fenoll Hach-Alí, Torres-Ruiz and Gervilla, edits.) Granada, 597-600.
- Corretge, L. G., González-Montero, P., y Suárez, O. (1992). Sobre la presencia de batnaesita y su papel en la evolución geoquímica del Complejo Alcalino del Galiñeiro (Galicia, España). *Geogaceta*, 12: 16-19.
- Cherny, P. (1993). Rare element granitic pegmatites. Part II: Regional to global environments and petrogenesis. En: *Ore Deposit Models*, vol. II, Sheahan and Cherry, Geoscience, Canadá, Reprint Series 6, 49-62.
- Fariás, P., Gallastegui, G., Lodeiro, F., Marquínez, J., Martín-Parra, L. M.; Catalán, J. G.; Pablo Macía, J. G., y Rodríguez Fernández, L. R. (1987). Aportaciones al conocimiento de la litoestratigrafía y estructura de Galicia Central. *IX Reunión de Geología del Oeste Peninsular*, Porto, 411-429.
- Floor, P. (1966). Petrology of an engirine-riebeckite gneiss-bearing part of the Heperian Massif: The Galiñeiro and surrounding areas, Vigo, Spain. *Leid Geol. Med.*, 36: 1-203.
- Julivert, M., Fontbote, J. M., Ribeiro, A., y Nabais Conde, L. E. (1972). Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares E 1:1.000.000, Memoria explicativa 113, IGME.
- Keppler, H. (1993). Influence of fluorine on the enrichment of high field strength trace elements in granitic rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 114: 479-488.
- Matheis, G. (1979). Exploration of Nb-Ta mineralization in Nigeria. *Geo. Soc. Mal. Bull.*, 11: 333-351.
- Matte, P. H. (1968). La estructura de la virgation hercynienne de Galicia (Espagne). *Revue de Geol. Alpine*, 44: 1-128.
- Ortega, E. (1980). Aportaciones a la estructura geológica en los alrededores de Malpica; extremo septentrional de la Fosa Blastomilonítica, La Coruña. *Cuad. Geol. Laxe*: 177-186.

- Ortega, E., y Gil Ibarguchi, J. I. (1983). La unidad de Malpica-Tuy (Complejo Antiguo-Fosa Blastomilonítica). En: *Geología de España*, ITGE, Madrid, 430-440.
- Pearce, J., Harris, B., y Tindle, A. (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. *J. Petrology*, 25: 956-983.
- Pin, C., Ortega, L., y Gil Ibarguchi, J. I. (1993). Matle-derives, early paleozoic A-type metagranitoids from the NW Iberian massif: Nd isotope and trace element constraints. *Bull. Soc. Geol Fr.* 163-4: 483-494.
- Pollard, P., y Taylor, R. (1993). Be-Y-REE mineralisation in Thor Lake. *REE Meeting London*, 110-113.
- Sinclair, W., Jambor, J., y Birkett, T. (1993). REE Deposits in Canada: Alkaline Complexes as source of REE. *Rare Earth Minerals Meeting*, Londres, 110-113.
- Skjerlie, P. K., y Johnston, A. D. (1993). Fluid-absent melting behavior of an F-rich tonalitic gneiss at mid-crustal pressures: Implications for the generation of anorogenic granites. *J. Mineral. Petrol.*, 22-3530, 785-815.
- Thompson, T., Pierson, J., y Lyttle, T. (1982). Petrology and petrogenesis of the Bokan Granite Complex. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 93: 898-908.
- Vergara, A., Fernández M., Alvarez, R., y Valle, F. (1991). Determinación de lantánidos y otros elementos en fergusonitas. *IV Congreso Geoquímico de España*, 56.
- Whalen, J., Currie, K., y Chappell, B. (1987). A-Type granites: Geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis. *Contr. Mineral. Petrol.*, 95: 407-419.

Recibido el 24 de julio de 1995.

Aceptado el 11 de diciembre de 1995.